

# 1. Desarrollo de habilidades en estudiantes universitarios para la adopción de la Industria 4.0 y sus tecnologías asociadas

MIREYA CLAVEL MAQUEDA\*

EDUARDO CORNEJO VELÁZQUEZ\*\*

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.268.01>

## Resumen

Las transformaciones en el campo laboral provocadas por la Cuarta Revolución industrial representan un desafío para las industrias, los sistemas educativos y los empleados. La gestión del talento humano es un factor relevante para el desarrollo y la sostenibilidad de las organizaciones. En este trabajo se identificaron las actividades desarrolladas por estudiantes de nivel superior con mayor incidencia en el desarrollo de habilidades para incorporarse a la Industria 4.0. Para ello, se realizó la aplicación de un cuestionario a estudiantes universitarios en áreas afines a las tecnologías de la información que incluyó ítems relacionados con soft skills y formación en temas relacionados con la Industria 4.0. Los datos se analizaron con un modelo de ecuaciones estructurales a través de la técnica multivariable PLS. Los resultados del análisis establecen que el uso de las herramientas digitales, los hábitos digitales, las actividades en el rol de creadores de contenido y el abordaje de temas relacionados con los pilares de la Industria 4.0 en los programas educativos influyen en el desarrollo de habilidades relacionadas con la adopción de la Industria 4.0. Los resultados son relevantes para la

---

\* Doctora en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. Maestra en Administración, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5487-9888>

\*\* Doctor en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. Maestro en Ciencias Computacionales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. <https://orcid.org/0000-0002-0653-9459>

planificación de los proyectos educativos en la formación y actualización de talento.

**Palabras clave:** *herramientas digitales, soft skills, tecnologías en educación.*

## Introducción

A diferencia de las revoluciones industriales anteriores que tomaron décadas para adaptarse, la Cuarta Revolución Industrial demanda nuevas estrategias y planes para aprovechar plenamente las oportunidades generadas. El informe “The Future of Jobs” del Foro Económico Mundial de 2023 destaca las discrepancias entre la oferta y la demanda actual de habilidades, así como entre las habilidades contemporáneas y las futuras necesidades (WEF, 2023). Para cerrar estas brechas, es crucial entender las bases de las habilidades existentes en países e industrias específicas y cómo el cambio disruptivo dictará nuevas necesidades de habilidades (Motyl *et al.*, 2017; WEF, 2023).

A pesar de las preocupaciones por el desempleo global, los desequilibrios y las brechas en los sistemas educativos dificultan la redistribución efectiva de talentos no aprovechados, con consecuencias humanas y económicas significativas (Piccarozzi *et al.*, 2018; WEF, 2023). Los trabajadores deben readaptarse a las industrias, centrándose en las habilidades necesarias para campos en rápido crecimiento (Mikhailov *et al.*, 2018). El Informe Global de Capital Humano de 2023 del World Economic Forum (2023) señala que, aunque el número de personas con habilidades desarrolladas está en aumento; sin embargo, la distribución de habilidades para el trabajo en industrias y zonas geográficas particulares es limitada.

Un análisis detallado de las habilidades es esencial para que empleadores y empleados comprendan mejor la transferibilidad de habilidades entre industrias (Ciolacu *et al.*, 2018; WEF, 2023). Los empleadores deben enfocarse en aprovechar habilidades “adyacentes” para descubrir talentos ocultos, lo cual requiere estrategias proactivas de gestión de talentos y colaboración continua entre empresas, gobiernos, proveedores de educación y la sociedad civil (Stachová *et al.*, 2019; WEF, 2023).

Con la transformación del lugar y la forma de trabajo, surgen nuevos desafíos de gestión y regulación. Prepararse para un mercado laboral en constante cambio es crucial para aprovechar oportunidades y mitigar resultados negativos (Ciolacu *et al.*, 2019; WEF, 2023).

Diversos investigadores describen que las ocupaciones rutinarias y poco cualificadas son las que corren mayor riesgo de ser sustituidas por la automatización (Paraschiv, 2022; Pouliakas, 2018; Schwabe y Castellacci, 2020). Dicho riesgo es particularmente alto para los puestos de trabajo que se basan en tareas monótonas y repetitivas, además de que requieren habilidades y conocimientos no especializados (Paraschiv, 2022). Esta situación se agrava por el temor a una futura sustitución, afectando negativamente la satisfacción laboral, especialmente entre los trabajadores poco cualificados (Schwabe y Castellacci, 2020).

Este trabajo de investigación tiene el objetivo de identificar las actividades desarrolladas por estudiantes de nivel superior en una institución pública mexicana que tienen incidencia en el desarrollo de habilidades para incorporarse a la Industria 4.0. Para ello, se aplicó un cuestionario a los estudiantes y se generó una ecuación estructural para modelar las relaciones entre las actividades que realizan en su proceso formativo y el desarrollo de habilidades para la Industria 4.0.

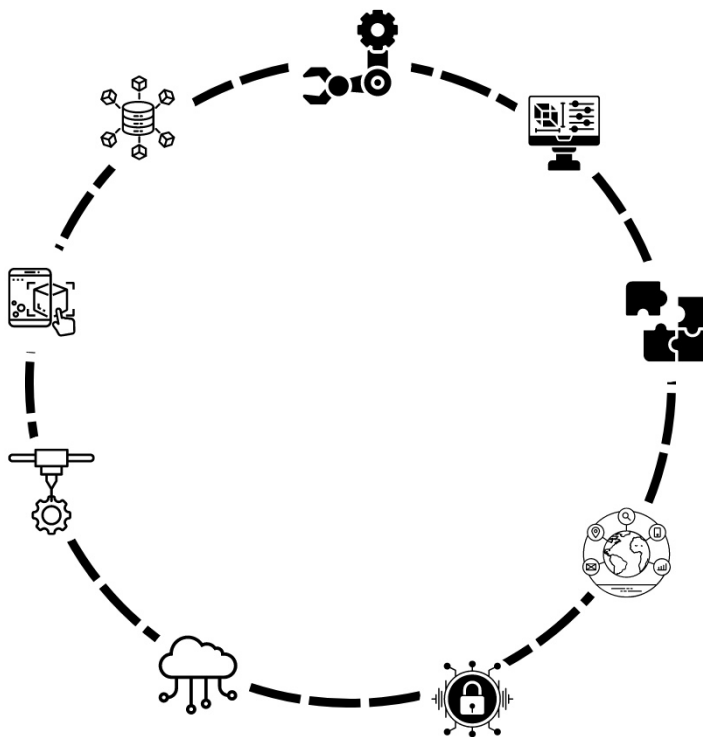
## Tecnologías digitales de la Industria 4.0

De acuerdo con el BCG Boston Consulting Group (2016), la Industria 4.0 se refiere a la convergencia y aplicación de nueve tecnologías industriales digitales que se muestran en la Figura 1.

En la industria 4.0 convergen nueve tecnologías industriales digitales. Entre ellas se encuentran: *robots autónomos* que interactúan entre sí y con seres humanos; *manufactura aditiva* (impresión 3D) para generar productos personalizados; *realidad aumentada* para mejorar la toma de decisiones; *simulación* para optimizar operaciones en un entorno virtual; *integración horizontal y vertical* para cohesionar organizaciones; *internet de las cosas* (IoT) para la comunicación entre dispositivos; *cloud computing* para compartir datos y funcionalidades en la nube; *ciberseguridad* para proteger sis-

temas de amenazas; y *big data* y *analítica* para recopilar y analizar datos para la toma de decisiones en tiempo real. Estas tecnologías, cuando se aplican en conjunto, contribuyen a la creación de “fábricas inteligentes” y entornos de trabajo conectados.

Figura 1. *Tecnologías industriales digitales para la Industria 4.0*



Fuente: Elaboración propia basada en BCG (2016).

## Retos en el nuevo contexto

El estudio del Boston Consulting Group titulado “Sprinting to Value in Industry 4.0” (Rose *et al.*, 2016) identifica varios desafíos para la adopción de la Industria 4.0. Estos incluyen la definición de estrategias, el replanteamiento organizacional, la comprensión del modelo de negocio, la realización de pilotos exitosos, la concienciación de la organización, la gestión del cam-

bio, la cultura empresarial, la interconexión de departamentos y la gestión del talento humano.

Sánchez (2021) cuestiona la noción de desempleo tecnológico generalizado, destacando la estratificación de ganadores y perdedores en los procesos de digitalización y robotización. Este enfoque sugiere que, en lugar de un desempleo masivo, las nuevas tecnologías crean una división en la fuerza laboral, beneficiando a aquellos con las habilidades adecuadas y perjudicando a los que carecen de ellas. Choi (2018) respalda esta idea al confirmar una mayor destrucción de empleo en actividades con mayor intensidad innovadora, lo que indica un cambio en la demanda de cualificación de los trabajadores.

Sánchez (2019) profundiza en las posibilidades de un futuro de desempleo tecnológico, discutiendo la inevitabilidad de las disrupciones laborales debidas a las nuevas tecnologías digitales y la necesidad de intervenir en la formación y el reciclaje del factor humano para mitigar los efectos adversos de estas disrupciones. Este autor subraya la importancia de desarrollar políticas educativas y de formación que preparen a los trabajadores para las demandas del mercado laboral emergente. Las tecnologías de la Industria 4.0 exigirán habilidades y conocimientos específicos para que los individuos, equipos y organizaciones puedan adoptar con éxito estos cambios (Tortorella *et al.*, 2020).

Apella (2022) destaca la creciente demanda de trabajadores en ocupaciones cognitivas no rutinarias, que requieren inteligencia creativa, emocional o social. Esta tendencia es particularmente evidente en España y América Latina. Sin embargo, el potencial de automatización en estas tareas es motivo de preocupación, especialmente para los trabajadores con menores ingresos y empleo informal, como señala Maurizio (2023).

Ante el alto riesgo de desempleo tecnológico, hay que intervenir en el sistema educativo y construir sistemas de formación continua en la vida laboral para difundir y adquirir competencias tecnológicas, con la finalidad de disminuir los impactos negativos del avance tecnológico sobre el empleo, por lo que se requiere que los agentes económicos, privados y públicos gestionen de manera activa el cambio (Donménech *et al.*, 2018; Sintas *et al.*, 2018).

## El capital humano para la industria I4.0

La Cuarta Revolución Industrial está generando cambios significativos en la vida cotidiana y requiere nuevas competencias (WEF, 2022). La adopción de la Industria 4.0 en la educación presenta tanto retos como oportunidades. Dávalos-Gómez (2023) enfatiza la necesidad de actualizar los planes de estudio, desarrollar nuevas metodologías de enseñanza y formar a los educadores para que incorporen las competencias y los conocimientos que requiere la Industria 4.0.

Barrientos-Avendaño y Areniz-Arévalo (2019) analizan el cambio hacia una “universidad inteligente” y los retos que plantea a las prácticas educativas tradicionales. Ulloa-Duque *et al.* (2020) destacan el potencial para la creatividad y la innovación en la educación superior mediante el uso de tecnologías de la Industria 4.0. Santos *et al.* (2018) ofrecen una visión general de la Industria 4.0, sus componentes y las oportunidades que presenta para satisfacer los requisitos actuales.

La educación especializada debe adaptarse a las necesidades del mercado laboral, proporcionando las habilidades más solicitadas (Kirchner, 2018). Esto implica una actualización constante de competencias técnicas y personales, incluyendo la creatividad, la comunicación, la resolución de problemas y la adaptabilidad (López, 2022). Además, es crucial que la educación universitaria se enfoque en la empleabilidad, colaborando estrechamente con el sector empresarial para garantizar una inserción laboral efectiva (Campos, 2022).

La lenta incorporación de tecnologías educativas en algunos sistemas es un desafío común, como señalan estudios latinoamericanos (Irrazabal, 2021; Fajardo-Aguilar *et al.*, 2023) en el contexto de la educación (Pastrana-Muñoz *et al.*, 2022; Lugo y Ithurburu, 2019). Estos estudios destacan la necesidad de un enfoque integral de la adopción tecnológica, considerando el impacto en la enseñanza y el aprendizaje. Además, enfatizan la importancia de abordar la capacitación docente, el acceso equitativo y el desarrollo de estrategias pedagógicas efectivas.

Dada la necesidad de aprovechar las posibilidades de la Industria 4.0, es esencial adoptar y adaptar las cualificaciones y competencias del capital humano para que pueda realizar las tareas en una fábrica del futuro, que

serán diferentes (Habracken y Bondarouk, 2017; Bissola y Imperatori, 2019; Liboni *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2020; da Silva *et al.*, 2022).

El talento humano es un valor fundamental para las organizaciones que se refleja en la calidad de productos y servicios. Las estrategias empresariales en la Industria 4.0 deben ser coherentes y aprovechar el talento humano multidisciplinario, adaptable e innovador (Morales, 2022).

La transformación digital de la fuerza laboral es fundamental en este proceso, ya que implica la implementación de nuevas estrategias y sistemas que mejoren la productividad y la competitividad (Pascual, 2019). En este contexto, es crucial que el talento humano perciba la automatización no como una amenaza, sino como una oportunidad para su crecimiento y desarrollo profesional (Segarra *et al.*, 2021). Para lograr esto, las empresas necesitan conocer las fortalezas y debilidades de su personal, para así decidir las posibles acciones a seguir. La administración estratégica, impulsa el desarrollo y la acumulación de habilidades y aptitudes organizativas, adapta, integra y reconfigura recursos, habilidades internas y externas para responder a un entorno en constante cambio.

### **Desarrollo de competencias en el capital humano**

La innovación como proceso social implica no solo el desarrollo de nuevas técnicas, sino también requiere formas de conocimiento, habilidades y competencias diversas. Por ello, tanto las innovaciones como el desarrollo de nuevas tecnologías se producen a través de actividades realizadas por personal calificado, como ingenieros, investigadores y administradores, quienes representan el capital humano de una empresa (Hansson *et al.*, 2014). Las empresas deben reconocer e invertir en su personal como un activo valioso para poder afrontar con éxito los retos de la Industria 4.0 y otros cambios globales. Así mismo, las universidades deben entender y desarrollar las capacidades demandadas en el mercado, así como buscar estrategias educativas pertinentes para la era de la I4.0 (Briones-Cedeño y González-Calzadilla, 2019).

La gestión del conocimiento se presenta como una estrategia innovadora para el desarrollo de las universidades, fortaleciendo los procesos de inno-

vación y el desarrollo de capacidades organizacionales (Beltrán-Ríos *et al.*, 2019). En resumen, la gestión y el desarrollo del talento humano son pilares esenciales para la sostenibilidad y el éxito de las organizaciones en la era contemporánea. Las estrategias que fomentan la atracción, el desarrollo y la retención de talento, así como la implicación activa de los empleados en el crecimiento organizacional, son fundamentales para adaptarse a las dinámicas del mercado y mantener la competitividad.

## Metodología

Recolectamos datos a través de un instrumento diseñado para evaluar las opiniones de los estudiantes inscritos en programas educativos afines a las tecnologías de la información (TI) con énfasis en soft skills y su formación en habilidades y temas relacionados con la Industria 4.0. El instrumento consideró trabajos publicados previamente (Motyl *et al.*, 2017; Clavert, 2019; Stentoft *et al.*, 2020) y se adaptó a los objetivos de este estudio.

Se empleó la metodología de validez de expertos (Babbie, 2009) dado que es útil para identificar el grado en que un instrumento mide la variable según voces cualificadas, y dicho nivel está vinculado a la validez de contenido (Hernández-Sampieri *et al.*, 2018). De acuerdo con Groves *et al.* (2009), las recomendaciones recibidas sirvieron para desarrollar una mejor versión del instrumento en construcción.

Se eligieron seis expertos con publicaciones relacionadas con la Industria 4.0 y que accedieron a revisar la propuesta de cuestionario y validar la pertinencia de su contenido. Se atendieron las recomendaciones recibidas y con la versión del instrumento aprobada, se implementó un estudio piloto formal.

Para el estudio piloto el instrumento se aplicó a una muestra de 200 estudiantes de un instituto tecnológico superior en el estado de Puebla, México. Las respuestas no se analizaron por sus resultados, sólo se examinaron en busca del grado de comprensión de las instrucciones y preguntas.

El conjunto de datos recolectados en la prueba piloto se analizó en el software STATA versión 15, mediante un análisis de componentes principales (rotación varimax). Los valores de 0.5, que se derivaron de la matriz

de componentes rotados, se consideraron significativos. Finalmente, el instrumento se integra por 6 dimensiones que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. *Dimensiones del instrumento aplicado a los estudiantes*

| Dimensión                                                      | Preguntas | Ítems     |
|----------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| Medios digitales de que dispone el estudiante                  | 1         | 12        |
| Hábitos digitales básicos desarrollados                        | 3         | 6         |
|                                                                |           | 8         |
|                                                                |           | 8         |
| Formación en tecnologías de la I4.0                            | 1         | 12        |
| Percepción de la importancia que tiene prepararse para la I4.0 | 1         | 5         |
| Nivel de dominio de habilidades (soft skills) para I4.0        | 1         | 24        |
| <b>Total</b>                                                   |           | <b>75</b> |

Fuente: Elaboración propia con base en Motyl *et al.* (2017), Clavert (2019), Stentoft *et al.* (2020).

## Determinación de la muestra probabilística

Para determinar la muestra de estudiantes, se realizó el cálculo basado en la ecuación de tamaño de muestra para una población finita (Moguel, 2005):

$$n = \frac{Z^2 pq N}{(N-1)e^2 + Z^2 pq}$$

Se utilizó un nivel de confianza de 95%, error muestral del 5%, coeficiente de confianza ( $Z = 1.96$ ) y prevalencia esperada ( $p = 70\%$ ) para una población de 212 estudiantes de tecnologías de la información (TI) y programas educativos afines en una universidad mexicana. Adicionalmente, se hizo uso de un muestreo aleatorio estratificado por sectores para garantizar la representatividad, basado en los datos de la matrícula de la institución de educación superior en el periodo septiembre-diciembre de 2023.

Se utilizó una muestra aleatoria estratificada de 129 estudiantes, con el 74% de los estudiantes del género masculino y 26% del género femenino. La edad promedio muestral fue de 23 años y el promedio de las calificaciones acumuladas de la muestra es de 9.14. Las variables categóricas fueron codificadas para su análisis.

El análisis de fiabilidad interna del cuestionario se evaluó mediante el alfa ( $\alpha$ ) de Cronbach=0.9054 que sirve de evidencia de la confiabilidad del instrumento usado, el nivel de fiabilidad de las escalas de medición y el grado de covariación entre los criterios establecidos (Shelby, 2011; Santiago-Sáez *et al.*, 2021).

## Hipótesis

Las hipótesis que se plantearon para el estudio fueron las siguientes:

- H<sub>0</sub>1: El uso de las herramientas digitales como un recurso de aprendizaje, no influye en el desarrollo de habilidades que favorecen la adopción de la Industria 4.0.
- H<sub>0</sub>2: Los hábitos digitales no influyen en el desarrollo de habilidades relacionadas con la adopción de la Industria 4.0.
- H<sub>0</sub>3: Las actividades de creación de contenido, no influyen en el desarrollo de habilidades para la adopción de la Industria 4.0.
- H<sub>0</sub>4: Abordar temas identificados en la literatura como pilares de la Industria 4.0 en las asignaturas disciplinares de los programas educativos no influye en el desarrollo de habilidades para la adopción de la Industria 4.0.
- H<sub>0</sub>5: La percepción que tienen los estudiantes sobre la importancia de prepararse para la Industria 4.0, no influye en el desarrollo de habilidades que les permiten estar preparados para su adopción.

## Resultados

Para realizar el análisis cuantitativo de los datos, se diseñó un modelo de ecuaciones estructurales a través de la técnica multivariable *Partial Least Squares* (PLS). Con la finalidad de obtener un primer análisis de la dimensionalidad de las escalas de medida y una mayor información de los indicadores utilizados en el modelo propuesto, se realizó un análisis factorial

exploratorio (AFE) (Ferrando y Lorenzo-Seva 2014; Lloret-Segura *et al.*, 2014; Ramayah *et al.*, 2017; Rodríguez *et al.*, 2019).

En AFE todas las variables se analizan en conjunto con el propósito de reconocer las variables que son más relevantes antes de aplicar otros análisis (Pérez y Medrano, 2010; Méndez y Rodón, 2012; Calderón *et al.*, 2018; Ledesma *et al.*, 2019). Para justificar la aplicación de AFE, se validó el supuesto de normalidad de las variables mediante la prueba de esfericidad de Bartlett con la hipótesis nula de que no existe correlación entre las variables. El resultado fue menor a 0.05, lo que permite rechazar la hipótesis nula y considerar la existencia de algún grado de correlación estadísticamente significativa (Bartlett, 1937).

Se aplicó el análisis Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) para medir la homogeneidad de las variables estudiadas. El resultado fue un valor de  $0.826 > 0.6$ ; de acuerdo con Cureton y D'Agostino (2013), se rechaza la hipótesis nula de no homogeneidad de los datos.

Los resultados de los análisis de Bartlett y KMO presentan evidencia estadística de que existe correlación entre las variables de interés. Además, permitieron dejar fuera del análisis a 12 ítems de la dimensión *Medios digitales de que dispone el estudiante*, debido a que los resultados reflejaron su no idoneidad para continuar formando parte de la revisión.

Al finalizar el análisis AFE, se obtuvo una matriz rotada donde todos los indicadores obtienen valores superiores a 0.5 respecto a sus constructos. Se obtuvieron 32 componentes, cuyos ítems cargan de acuerdo con los parámetros establecidos y explican el 87.45% de la varianza total.

A partir de los resultados del Análisis Factorial Exploratorio se revisó el modelo inicial propuesto y se incluyeron los indicadores elegidos. En la Tabla 2 se muestran cinco constructos (tres asociados a motivadores internos, dos a motivadores externos) relacionados con la *Preparación para la Industria 4.0*. El conjunto de indicadores se integró por 63 ítems (sin considerar los ítems de identificación), que fueron incluidos en el análisis mediante PLS.

Tabla 2. Indicadores seleccionados para análisis PLS

| Constructo            |                                                          | Indicadores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Motivadores internos  | Importancia del uso de dispositivos digitales personales | UT11 Correo electrónico<br>UT12 Servicios de mensajería instantánea<br>UT13 Redes sociales<br>UT14 Plataformas de aprendizaje a distancia<br>UT15 Blog<br>UT16 Wiki<br>UT17 Sitio web<br>UT18 Videollamadas<br>UT19 Compartir documentos en la nube                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                       | Hábitos digitales básicos desarrollados                  | US1 Enviar un correo electrónico formal<br>US2 Usar aplicaciones de la suite de Office<br>US3 Utilizar herramientas para trabajo remoto<br>US4 Leer y descargar documentos de la web<br>US5 Investigar en bibliotecas digitales                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                       | Realiza actividades como creador de contenido            | CRE1 Administrar un sitio web<br>CRE2 Tener una wiki<br>CRE3 Tener un canal de streaming<br>CRE4 Tener un canal de YouTube propio<br>CRE5 Generar un podcast<br>CRE6 Generar contenido en un blog<br>CRE7 Administrar un perfil en una red social                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Motivadores externos  | Formación en temas relacionados con I4.0                 | FI41 Big Data y Analítica de datos<br>FI42 Robots autónomos<br>FI43 Simulación por computadora<br>FI44 Integración de sistemas horizontal y vertical<br>FI45 Internet de las Cosas (IoT)<br>FI46 Ciberseguridad<br>FI47 Manufactura aditiva<br>FI48 Realidad aumentada<br>FI49 Cómputo en la nube<br>FI4A Tecnologías móviles<br>FI4B Inteligencia artificial<br>FI4C Sistemas de ubicación en tiempo real con sistemas de radiofrecuencia o GPS<br>FI4D Impresión 3D                                                                 |
|                       | Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0  | IC ¿Cuál cree que es el nivel de importancia que tiene desarrollar habilidades para la Industria 4.0 en su futuro ejercicio profesional?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Preparación para I4.0 |                                                          | SK1 Comunicación<br>SK2 Comunicación en idioma inglés<br>SK3 Habilidades sociales<br>SK4 Resolución de problemas<br>SK5 Aplicación del método científico<br>SK6 Inteligencia emocional<br>SK7 Empatía<br>SK8 Fluidez en el manejo de tecnologías<br>SK9 Pensamiento Sistémico<br>SK10 Pensamiento de negocios<br>SK11 Alfabetización digital<br>SK12 Aprendizaje continuo a lo largo de la vida SK13 Creatividad<br>SK14 Conocimiento multidisciplinario e integral<br>SK15 Trabajo en equipo SK16 Flexibilidad<br>SK17 Mente abierta |

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Preparación para I4.0 | SK18 Iniciativa propia<br>SK19 Pensamiento crítico<br>SK20 Auto aprendizaje<br>SK21 Liderazgo<br>SK22 Emprendimiento digital<br>SK23 Transformación digital<br>SK24 Innovación<br>SK25 Persistencia<br>SK26 Resiliencia<br>SK27 Estadística<br>SK28 Diseño de tecnología y programación |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: Elaboración propia.

## Validación del modelo mediante PLS

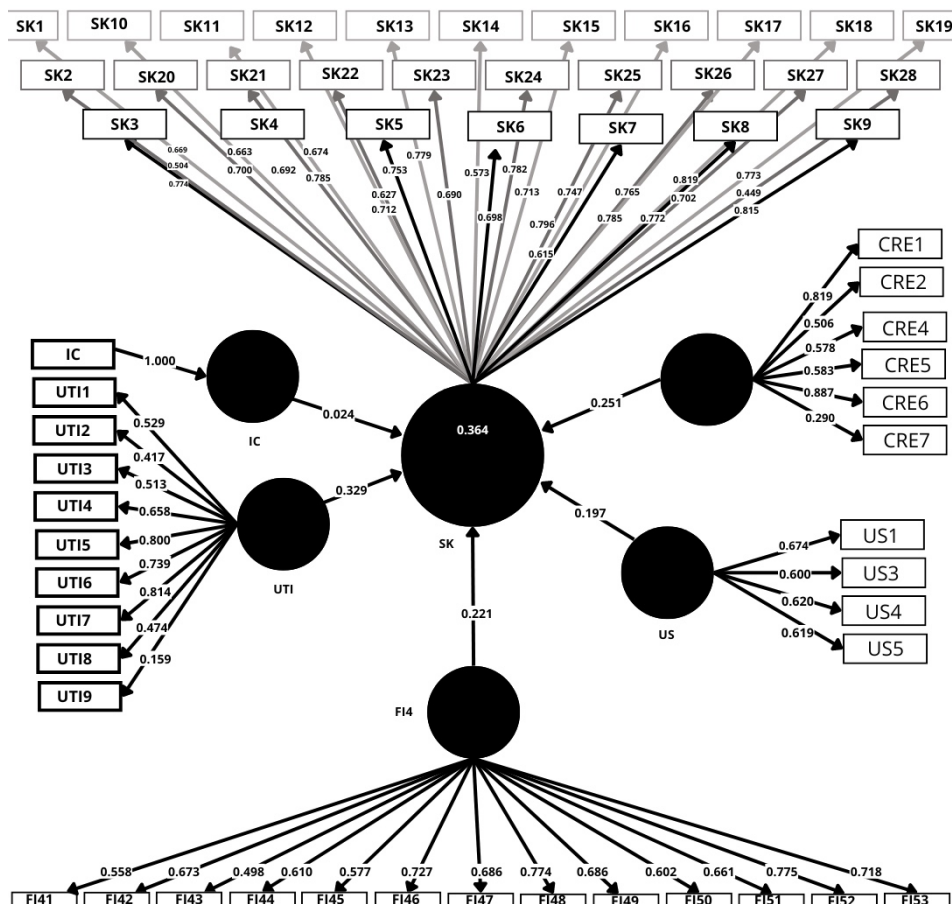
PLS es una técnica de modelización de ecuaciones estructurales (SEM) que puede contrastar simultáneamente las relaciones del modelo de medida entre los indicadores o variables manifiestas, sus correspondientes constructos o variables latentes y el modelo estructural (Hair *et al.*, 2017). Además, tiene la capacidad de manejar modelos muy complejos con una elevada cantidad de constructos, indicadores y relaciones (Lohmöller, 1989; Henningsson *et al.*, 2001; Sarstedt y Cheah, 2019).

Para analizar el conjunto de datos se utilizó el programa estadístico Smart PLS 3, desarrollado por la Universidad Técnica de Hamburgo, Alemania (Ringle *et al.*, 2015). La representación gráfica del modelo construido y el cálculo del algoritmo PLS se presenta en la Figura 2.

La fiabilidad individual de cada constructo se obtiene a través de los coeficientes Alfa ( $\alpha$ ) de Cronbach (Cho y Kim, 2015). El resultado para cuatro de los constructos fue mayores al nivel recomendado de 0.7; el constructo que presentó una fiabilidad dudosa fue el de *Hábitos digitales básicos desarrollados* con un valor de 0.516.

Los valores de la fiabilidad compuesta para los cinco constructos se presentan en la Tabla 3. Al considerar las cargas de las variables del modelo causal, se observa que todos superan el límite recomendado de 0.6 (Cronbach y Shavelson, 2004) e incluso de 0.7 (Gliem J. y Gliem, R., 2003). Debido a que el valor de la fiabilidad compuesta del constructo *Hábitos digitales básicos desarrollados* tiene un valor de 0.702, se decidió que siguiera formando parte del modelo.

Figura 2. Representación gráfica PLS del modelo construido



Nota: UTI=Importancia del uso de dispositivos digitales personales; US=Hábitos digitales básicos desarrollados; CRE= Realiza actividades como creador de contenido; FI= Formación en temas relacionados con I4.0; IC= Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0; SK= Preparación para I4.0.

Fuente: Elaboración propia.

La validez convergente, representada por la varianza extraída media (AVE), presenta valores para todos los constructos superiores a 0.5 (Fornell y Lacker, 1981). De forma conjunta, las cargas de las variables con sus respectivos constructos resultaron mayores a 0.7 (Henseler, *et al.*, 2014). De este modo, dado que todos los parámetros superan los valores de referencia, se consideró de utilidad de continuar los análisis con todas las variables, incluida la variable *Hábitos digitales básicos desarrollados*.

Tabla 3. *Fiabilidad y validez de constructo*

|                      | Constructo                                               | Alfa de Cronbach | Fiabilidad compuesta |
|----------------------|----------------------------------------------------------|------------------|----------------------|
| Motivadores internos | Importancia del uso de dispositivos digitales personales | 0.756            | 0.819                |
|                      | Hábitos digitales básicos desarrollados                  | 0.516            | 0.702                |
|                      | Realiza actividades como creador de contenido            | 0.766            | 0.822                |
| Motivadores externos | Formación en temas relacionados con I4.0                 | 0.897            | 0.909                |
|                      | Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0  | 1.000            | 1.000                |
| Variable dependiente | Nivel de dominio de habilidades (soft skills) para I4.0  | 0.963            | 0.966                |

Fuente: Elaboración propia.

El criterio de Fornell y Larcker (1981), mide las correlaciones entre los constructos. Para este modelo, todos los valores de la raíz cuadrada del AVE son superiores a las correlaciones entre constructos (Tabla 4). Los valores de la diagonal de la matriz de correlaciones son superiores a los valores situados por debajo de la diagonal (que son las correlaciones bivariadas entre constructos).

Tabla 4. *Criterio de Fornell & Larcker*

|     | CRE    | FI4    | IC     | SK    | US    | UTI   |
|-----|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| CRE | 0.644  |        |        |       |       |       |
| FI4 | 0.082  | 0.662  |        |       |       |       |
| IC  | -0.085 | -0.081 | 1.000  |       |       |       |
| SK  | 0.359  | 0.314  | 0.026  | 0.712 |       |       |
| US  | 0.145  | 0.239  | -0.143 | 0.313 | 0.576 |       |
| UTI | 0.226  | 0.080  | 0.227  | 0.422 | 0.066 | 0.601 |

Nota: UTI=Importancia del uso de dispositivos digitales personales; US=Hábitos digitales básicos desarrollados; CRE= Realiza actividades como creador de contenido; FI= Formación en temas relacionados con I4.0; IC= Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0; SK= Preparación para I4.0.

Fuente: Elaboración propia.

Derivado de este criterio se identificó que las variables se diferencian claramente, asegurando así la validez discriminante. Se cumple el criterio de las cargas cruzadas de una variable con todos los factores, donde cada ítem se correlaciona más con el factor al que pertenece que con el resto de los factores.

Finalmente, de acuerdo con Franke y Sarstedt (2019), la relación Heterotrait-Monotrait (HT/MT) debe ser inferior a 0.9 para cada par de estructuras. En los valores calculados y mostrados en la Tabla 5, la relación HT/MT entre cada par de factores es inferior a 0.9.

Tabla 5. *Relación Heterotrait-Monotrait (HT/MT)*

|     | CRE   | FI4   | IC    | SK    | US    | UTI |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| CRE |       |       |       |       |       |     |
| FI4 | 0.246 |       |       |       |       |     |
| IC  | 0.116 | 0.116 |       |       |       |     |
| SK  | 0.346 | 0.290 | 0.090 |       |       |     |
| US  | 0.430 | 0.390 | 0.246 | 0.417 |       |     |
| UTI | 0.328 | 0.219 | 0.302 | 0.467 | 0.349 |     |

Nota: UTI=Importancia del uso de dispositivos digitales personales; US=Hábitos digitales básicos desarrollados; CRE= Realiza actividades como creador de contenido; FI= Formación en temas relacionados con I4.0; IC= Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0; SK= Preparación para I4.0.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en la estimación del modelo de medida aseguran una alta confiabilidad y cumplen con los criterios de validez convergente y discriminante, en consecuencia, se procede a realizar el análisis del modelo estructural.

## Evaluación del modelo estructural

La evaluación del modelo estructural mediante el análisis con PLS supone evaluar el peso y la magnitud de las relaciones entre los diferentes constructos. Inicialmente, se realizó el cálculo del factor de la inflación de la varianza (VIF). Los resultados de la Tabla 6 muestran que los valores de las combinaciones de los constructos exógenos con el constructo endógeno están por debajo del umbral de 5. Por lo tanto, la colinealidad entre los constructos predictores no resulta un conflicto en el modelo estructural.

Tabla 6. *Colinealidad entre constructos (valores VIF)*

| Constructo           |                                                          | Preparación para I4.0 |
|----------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------|
| Motivadores internos | Importancia del uso de dispositivos digitales personales | UT11: 1.488           |
|                      |                                                          | UT12: 1.376           |
|                      |                                                          | UT13: 1.278           |
|                      |                                                          | UT14: 1.479           |
|                      |                                                          | UT15: 2.379           |
|                      |                                                          | UT16: 2.070           |
|                      |                                                          | UT17: 1.940           |
|                      |                                                          | UT18: 1.198           |
|                      |                                                          | UT19: 1.084           |
|                      | Hábitos digitales básicos desarrollados                  | US1: 1.145            |
|                      |                                                          | US2: 1.178            |
|                      |                                                          | US3: 1.263            |
|                      |                                                          | US4: 1.076            |
|                      |                                                          | US5: 1.143            |
|                      | Realiza actividades como creador de contenido            | CRE1: 1.624           |
|                      |                                                          | CRE2: 1.837           |
|                      |                                                          | CRE3: 2.168           |
|                      |                                                          | CRE4: 1.379           |
|                      |                                                          | CRE5: 1.365           |
|                      |                                                          | CRE6: 1.941           |
|                      |                                                          | CRE7: 1.059           |
| Motivadores externos | Formación en temas relacionados con I4.0                 | FI41: 1.742           |
|                      |                                                          | FI42: 1.979           |
|                      |                                                          | FI43: 1.550           |
|                      |                                                          | FI44: 1.937           |
|                      |                                                          | FI45: 2.670           |
|                      |                                                          | FI46: 3.604           |
|                      |                                                          | FI47: 2.242           |
|                      |                                                          | FI48: 2.522           |
|                      |                                                          | FI49: 2.434           |
|                      |                                                          | FI4A: 2.264           |
|                      |                                                          | FI4B: 2.281           |
|                      |                                                          | FI4C: 2.377           |
|                      |                                                          | FI4D: 1.956           |
|                      | Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0  | IC: 1.000             |

Fuente: Elaboración propia.

Los coeficientes path o coeficientes de regresión estandarizados (columna “Muestra original (O)” de la Tabla 7) muestran en qué medida cada variable exógena contribuye a la varianza explicada de la variable latente endógena.

En lo que respecta a la valoración de la significatividad de las relaciones, se recurrió a la técnica del Bootstrapping. En la Tabla 7 se muestran los valores de la distribución t-Student de una cola, debido a que en las hipótesis del modelo propuesto se especificaba la dirección de la relación.

Tabla 7. Resultados del análisis Bootstrap

|                                                                                   | Muestra original (O) | Media de la muestra (M) | Desviación estándar (STDEV) | Estadísticos t (O/STDEV) | P Valores |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------|
| Importancia del uso de dispositivos digitales personales -> Preparación para I4.0 | 0.333                | 0.334                   | 0.076                       | 4.394                    | 0.000     |
| Hábitos digitales básicos desarrollados -> Preparación para I4.0                  | 0.207                | 0.215                   | 0.066                       | 3.143                    | 0.002     |
| Realiza actividades como creador de contenido -> Preparación para I4.0            | 0.238                | 0.245                   | 0.077                       | 3.069                    | 0.002     |
| Formación en temas relacionados con I4.0 -> Preparación para I4.0                 | 0.220                | 0.243                   | 0.085                       | 2.604                    | 0.009     |
| Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0 -> Preparación para I4.0  | 0.018                | 0.024                   | 0.074                       | 0.246                    | 0.805*    |

\* El resultado no es significativo a ningún nivel de significación aceptado (0,01, 0,05, 0,10).

Fuente: Elaboración propia.

Puede observarse en la Tabla 7 que la relación con la variable exógena del constructo *Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0* no es significativa ( $p\text{-value} = 0.805$ ). Por otra parte, los intervalos de confianza de los coeficientes path por Bootstrapping permiten comprobar si el coeficiente path es significativamente distinto de cero. Para ello, el intervalo no debe incluir el cero (Hair *et al.*, 2017). En la Tabla 8 se puede observar que la relación con la variable exógena del constructo *Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0* no es significativa para los resultados que se obtienen en sus intervalos de confianza.

El coeficiente de determinación  $R^2$  proporciona la varianza de las variables latentes dependientes que viene explicada por los constructos que la predicen.

Según Drapper y Smith (1998), la  $R^2$  no debería tener un valor inferior a 0.1. Los resultados  $R^2$  del modelo cumplen con los niveles recomendados, y el valor para la variable dependiente es de 0.360 (0.334 la  $R^2$  ajustada), resultado que indica que la variable endógena *Preparación para adoptar I4.0*

Tabla 8. *Análisis Bootstrapping*

|                      |                                                                                   | Muestra original (O) | Media de la muestra (M) | Sesgo | 2.5%   | 97.5% |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------|-------|--------|-------|
| Motivadores internos | Importancia del uso de dispositivos digitales personales -> Preparación para I4.0 | 0.333                | 0.334                   | 0.001 | 0.174  | 0.472 |
|                      | Hábitos digitales básicos desarrollados -> Preparación para I4.0                  | 0.207                | 0.215                   | 0.008 | 0.056  | 0.322 |
|                      | Realiza actividades como creador de contenido -> Preparación para I4.0            | 0.238                | 0.245                   | 0.008 | 0.076  | 0.381 |
| Motivadores Externos | Formación en temas relacionados con I4.0 -> Preparación para I4.0                 | 0.220                | 0.243                   | 0.023 | -0.277 | 0.325 |
|                      | Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0 -> Preparación para I4.0  | 0.018                | 0.024                   | 0.005 | -0.120 | 0.161 |

Fuente: Elaboración propia.

es explicada en suficiente medida por los constructos propuestos en el modelo.

El impacto de las variables latentes exógenas sobre la endógena se recoge a través del tamaño del efecto  $f^2$ . En la Tabla 9 se muestra el valor  $f^2$  de los constructos del modelo.

Tabla 9.  $f^2$  de los constructos del modelo

|                      | Constructo                                               | Preparación para I4.0 |
|----------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------|
| Motivadores internos | Importancia del uso de dispositivos digitales personales | 0.152                 |
|                      | Hábitos digitales básicos desarrollados                  | 0.061                 |
|                      | Realiza actividades como creador de contenido            | 0.081                 |
| Motivadores externos | Formación en temas relacionados con I4.0                 | 0.071                 |
|                      | Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0  | 0.000                 |

Fuente: Elaboración propia.

El constructo *Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0* tiene un valor no representativo de  $f^2 = 0.000$ . Las variables *Formación en temas relacionados con I4.0* con  $f^2 = 0.071$  y *Hábitos digitales básicos desarrollados* con  $f^2 = 0.061$  presentan efectos medios ( $f^2 > 0.06$ ). Los efectos mayores se encuentran en las relaciones *Realiza actividades como creador de contenido -> Preparación para adoptar I4.0* con  $f^2 = 0.081$ , y especialmente,

en la relación del constructo *Importancia del uso de dispositivos digitales personales* -> *Preparación para adoptar I4.0* con  $f^2 = 0.152$ .

Por último, se realizó la prueba Stone-Geisser mediante la técnica del Blindfolding, para obtener la capacidad predictiva del modelo. Dicha prueba proporciona el parámetro  $Q^2$ , el cual debe ser positivo, para concluir que el modelo tiene relevancia predictiva (Sullivan y Feinn, 2012; Hahn y Ang, 2017). En la Tabla 10 se muestra que el valor  $Q^2$  del constructo dependiente es mayor a cero (0.166), lo que confirma que el modelo tiene relevancia predictiva.

Tabla 10. Resultado de la relevancia predictiva ( $Q^2$ )

| Constructo            |                                                          | SSO       | SSE       | $Q^2$<br>(=1-SSE/SSO) |
|-----------------------|----------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------------------|
| Motivadores internos  | Importancia del uso de dispositivos digitales personales | 1 161.000 | 1 161.000 |                       |
|                       | Hábitos digitales básicos desarrollados                  | 516.000   | 516.000   |                       |
|                       | Realiza actividades como creador de contenido            | 774.000   | 774.000   |                       |
| Motivadores Externos  | Formación en temas relacionados con I4.0                 | 1 677.000 | 1 677.000 |                       |
|                       | Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0  | 129.000   | 129.000   |                       |
| Preparación para I4.0 |                                                          | 3 612.000 | 3 012.613 | <b>0.166</b>          |

Fuente: Elaboración propia.

Después del análisis PLS se llevó a cabo un análisis de la potencia estadística de la muestra. Para realizar dicho análisis se utilizó al programa G\*Power (Universität Düsseldorf, 2024), mediante la estimación del estadístico  $F^2$  a partir del coeficiente de determinación  $R^2$  obtenido en el modelo estructural (Faul *et al.*, 2009).

En este caso las cinco variables predictoras incorporadas en el modelo explican el 64.8% de la varianza total de la variable dependiente, siendo el valor del tamaño del efecto  $f^2 = 1.8418295$ .

Se trata de un valor significativo, lo cual es evidencia estadística del efecto de las variables incorporadas en el modelo (Cohen, 2013). Por lo tanto, el análisis anterior determina y confirma la potencia estadística definitiva de la muestra.

Con base en los valores obtenidos de las pruebas T, VIF y  $F^2$  que se presentan en la Tabla 11, se realizaron las pruebas a las hipótesis hechas a

priori sobre la población basándose en evidencia muestral para tomar la decisión de aceptar o rechazar tales supuestos.

Tabla 11. *Pruebas de hipótesis*

| Hipótesis        | T-value | VIF   | f <sup>2</sup> | Decisión     |
|------------------|---------|-------|----------------|--------------|
| H <sub>0</sub> 1 | 4.394   | 1.138 | 0.152          | Soportado    |
| H <sub>0</sub> 2 | 3.143   | 1.097 | 0.061          | Soportado    |
| H <sub>0</sub> 3 | 3.069   | 1.091 | 0.081          | Soportado    |
| H <sub>0</sub> 4 | 2.64    | 1.071 | 0.071          | Soportado    |
| H <sub>0</sub> 5 | 0.246   | 1.104 | 0.000          | No soportado |

Fuente: Elaboración propia.

Con base en la tabla 12, se rechazan H<sub>0</sub>1, H<sub>0</sub>2, H<sub>0</sub>3 y H<sub>0</sub>4 debido a que el T-value > 1.96 (para un  $\alpha = 5\%$ ). En tanto, los valores  $1 < VIF < 5$  sugiere una correlación moderada pero no sería necesario resolverla (Bolanos, 2023). Mientras que los valores f<sup>2</sup> para H<sub>0</sub>1, H<sub>0</sub>2, H<sub>0</sub>3 y H<sub>0</sub>4 presentan efectos estadísticos válidos.

De acuerdo con los resultados y el análisis presentados en la Tabla 7 se rechazan las hipótesis nulas H<sub>0</sub>1, H<sub>0</sub>2, H<sub>0</sub>3 y H<sub>0</sub>4, y se aceptan las hipótesis alternas:

- H<sub>A</sub>1: El uso de las herramientas digitales como un recurso de aprendizaje influye en el desarrollo de habilidades en los estudiantes que favorecer la adopción de la Industria 4.0.
- H<sub>A</sub>2: Los hábitos digitales de los estudiantes influyen en el desarrollo de habilidades relacionadas con la adopción de la Industria 4.0.
- H<sub>A</sub>3: Las actividades de los estudiantes en el rol de creadores de contenido, influyen en el desarrollo de habilidades que permiten estar preparados para la adopción de la Industria 4.0.
- H<sub>A</sub>4: Abordar temas identificados en la literatura como pilares de la Industria 4.0 en las asignaturas disciplinares de los programas educativos, influye en el desarrollo de habilidades que permiten a los estudiantes estar preparados para la adopción de la Industria 4.0.

Mientras que no se rechaza la hipótesis H<sub>0</sub>5: La percepción que tienen los estudiantes de la importancia de prepararse para la Industria 4.0, no influye

en el desarrollo de habilidades que les permiten estar preparados para su adopción. Lo anterior fundamentado en los resultados de las pruebas T- value, VIF y  $f^2$  que no presentan evidencias estadísticas de que exista tal influencia.

## Conclusiones

Los resultados del análisis estadístico de la encuesta a estudiantes demuestran que la integración de herramientas digitales como recursos educativos tiene un impacto significativo en el desarrollo de habilidades necesarias para la adopción de la Industria 4.0, facilitando la preparación de los estudiantes en este ámbito.

Además, los hábitos digitales adquiridos juegan un papel crucial en el desarrollo de habilidades relevantes para la adopción de la Industria 4.0.

La participación de los estudiantes como creadores de contenido también ejerce una influencia en el desarrollo de las habilidades esenciales para abordar los desafíos asociados con la Industria 4.0.

Por otra parte, abordar los conceptos fundamentales de la Industria 4.0 en las asignaturas disciplinares de los programas educativos contribuye al desarrollo de habilidades que preparan a los estudiantes para integrarse en este contexto industrial avanzado.

No obstante, los resultados señalan que la percepción que los estudiantes tienen acerca de la importancia de prepararse para la Industria 4.0 no se traduce necesariamente en el desarrollo efectivo de las habilidades deseadas.

Los hallazgos están en concordancia con el trabajo de Storberg-Walker (2004), que señala que los impulsores de la creación de valor incluyen a las relaciones sociales y los sistemas organizativos. El análisis realizado confirma lo anterior, al encontrar significativa las actividades desarrolladas en las aulas de las universidades, en donde se discuten los conceptos fundamentales de la Industria 4.0 y se desarrollan las competencias para enfrentar los desafíos del nuevo contexto.

Asimismo, la confirmación de la incidencia de los hábitos digitales adquiridos, la integración de herramientas digitales y la participación de los estudiantes como creadores de contenido, confirman que los conocimientos y las habilidades tienen el potencial de generar sujetos mejor preparados

para generar valor en la era de la industria 4.0. Por el contrario, los referentes teóricos señalan a las actitudes individuales, como un factor determinante y en este trabajo la percepción que tienen los estudiantes tienen acerca de la importancia de prepararse para la Industria 4.0, no resultó significativa.

## Limitaciones

Es importante destacar que nuestra investigación tomó como referencia una autoreflexión de los estudiantes en cuanto al desarrollo de habilidades para aprovechar las tecnologías de la Industria 4.0, será importante triangular la información con una heteroevaluación realizada por empleadores o agentes capacitadores que corroboren dichas capacidades.

Además, en un trabajo futuro se deberá ahondar en el tema y encontrar mejores maneras de medir la percepción de la importancia de la industria 4.0, analizar si es semejante al concepto actitud individual ante la industria 4.0 o miden variables distintas.

## Referencias

- Apella, I. (2022). Transformaciones en el mercado laboral: La demanda de habilidades cognitivas no rutinarias en España y América Latina. *Revista de Sociología Laboral*, 14(2), 35-52.
- Babbie, E. R. (2009). *The Practice of Social Research* (12th Edition). Belmont, CA: Wadsworth Publishing. ISBN-13: 9780495598411.
- Barrientos-Avendaño, E., Areniz-Arévalo, Y. (2019). Universidad inteligente: Oportunidades y desafíos desde la Industria 4.0. *Revista Ingenio*, 16(1), 56-60.
- Bartlett, M. S. (1937). Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Statistical Society, Series A*, 160, 268- 282.
- BCG (2016) *Industry 4.0*. BCG Global. <https://www.bcg.com/capabilities/manufacturing/industry-4.0>
- Beltrán-Ríos, J. A., López-Giraldo, J. A., Gelvez-Velásquez, C., Quintero-Benítez, S., & Benítez-Cardona, V. K. (2019). Gestión del conocimiento: una estrategia innovadora para el desarrollo de las universidades. *Clio América*, 13(26), 362-369.
- Bissola, R. & Imperatori, B. (2019). HRM in the Industry 4.0 Era: Are Workers Still in The Center? HRM 4.0 For Human-Centered Organizations. *Advanced series in management*.

- Bolanos, P. (2023). *RPubs by RStudio. Lección 1*. <https://rpubs.com/PaulinaBol/1030285>
- Briones-Cedeño, K. L., González-Calzadilla, C. S. (2019). La universidad contemporánea y la gestión del talento humano. Apuntes y reflexiones. *Revista San Gregorio*, (35), 81-93.
- Calderón C. J., Ortiz C. K. M., Alcibar T. C. (2018). Análisis factorial exploratorio como método multivariante para validación de datos académicos en plataformas virtuales. *Revista Lasallista de Investigación*, 15(2). <https://doi.org/10.22507/rli.v15n2a1>
- Campos, R. (2022). Educación y empleabilidad: La importancia de la colaboración universidad-empresa. *Perspectivas Educativas*, 15(2), 35-47.
- Cho, E., Kim, S. (2015). Cronbach's coefficient alpha: Well-known but poorly understood. *Organizational Research Methods*, 18(2), 207-230.
- Choi, J. (2018). "Innovación y destrucción de empleo: Un análisis sectorial". *Journal of Labor Economics*, 36(2), 123-148.
- Ciolacu, M., Tehrani, A. F., Beer, R., Popp, H. (2018). Education 4.0-Fostering student's performance with machine learning methods. *IEEE 23rd International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME)*, 438-443. <https://doi.org/10.1109/SIITME.2017.8259941>
- Ciolacu, M., Tehrani, A. F., Binder, L., Svasta, P. M. (2019). Education 4.0-Artificial Intelligence Assisted Higher Education: Early recognition System with Machine Learning to support Students' Success. *IEEE 24th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME)*, 135-141. <https://doi.org/10.1109/siitme.2018.8599203>
- Clavert, M., (2019). *Industry 4.0 Implications for Higher Education Institutions State of maturity and competence needs*. Collaborative Digital Shift Towards a New Framework for Industry and Education. [https://www.universitiesofthefuture.eu/wp-content/uploads/2019/02/State-of-Maturity\\_Report.pdf](https://www.universitiesofthefuture.eu/wp-content/uploads/2019/02/State-of-Maturity_Report.pdf)
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Routledge.
- Cronbach, L. J., Shavelson, R. J. (2004). My Current Thoughts on Coefficient Alpha and Successor Procedures. *Educational and Psychological Measurement*, 64(3), 391-418.
- Cureton, E. E., D'Agostino, R. B. (1993). *Factor Analysis: An Applied Approach* (1st ed.). Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9781315799476>
- daSilva, L. B. P., Soltovski, R., Pontes, J., Treinta, F. T., Leitão, P., Mosconi, E., de Resende, L. M., Yoshino, R. T. (2022). Human Resources Management 4.0: Literature Review and Trends. *Computers & Industrial Engineering*, 108111. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108111>
- Dávalos-Gómez, U. (2023). Industry 4.0 as a catalyst for digital transformation in education. *Revista E-TECH: Tecnologías para Competitividad Industrial*, 16(3). <https://doi.org/10.18624/etech.v16i3.1313>
- Doménech, R., García, J. R., Montañez, M., Neut, A. (2018). *¿Cuán vulnerable es el empleo en España a la revolución digital?* BBVA Research: Observatorio Económico.
- Draper, N. R., Smith, H. (1998). *Applied Regression Analysis*. WileyInterscience.
- Fajardo-Aguilar, G. M., Ayala Gavilanes, D. C., Arroba Freire, E. M., López Quincha, M. (2023). Inteligencia Artificial y la Educación Universitaria: Una revisión sistemática.

- Magazine De Las Ciencias: Revista De Investigación E Innovación*, 8(1), 109-131. <https://doi.org/10.33262/rmc.v8i1.2935>
- Ferrando, P. J., Lorenzo-Seva, U. (2014). Exploratory item factor analysis: Additional considerations. *Anales de psicología*, 30(3), 1170-1175.
- Fornell, C., Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error, *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50.
- Franke, G., Sarstedt, M. (2019). Heuristics versus statistics in discriminant validity testing: a comparison of four procedures. *Internet Research*, 29(3) 430-447. <https://doi.org/10.1108/IntR-12-2017-0515>
- Gliem, J. A., Gliem, R. R. (2003). Calculating, interpreting, and reporting Cronbach's alpha reliability coefficient for Likert-type scales. *Midwest Research-to-Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education*, 4(3), 82-88.
- Groves, R.M., Fowler, F.J. Jr., Couper, M.P., Lepkowski, J.M., Singer, E., Tourangeau, R. (2009) *Survey Methodology* (2nd Edition). Hoboken, N.J.: Wiley & Sons ISBN-13: 978-0-470-46546-2.
- Habraken, M., Bondarouk, T. (2017). Smart industry research in the field of HRM: Resetting job design as an example of upcoming challenges. *Electronic HRM in the smart era*. 221-259.
- Hahn, E. D., Ang, S. H. (2017). From the editors: new directions in the reporting of statistical results in the Journal of World Business. *Journal of World Business*, 52, 125-126.
- Hair, J. F., Babin, B. J., Krey, N. (2017). Covariance-based structural equation modeling in the Journal of Advertising: Review and recommendations. *Journal of Advertising*, 46(1), 163-177.
- Hansson, F., Norn, M. T., Vad, T. B. (2014). Modernize the public sector through innovation? A challenge for the role of applied social science and evaluation. *Evaluation*, 20(2), 244-260.
- Henningsson, M., Sundbom, E., Armelius, B. Å., Erdberg, P. (2001). PLS model building: A multivariate approach to personality test data. *Scandinavian journal of psychology*, 42(5), 399-409.
- Henseler, J., Ringle, C. M., Sarstedt, M. (2014). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 43 (1), 115-135.
- Hernández-Sampieri, R., Torres, C. P. M. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4). McGraw-Hill Interamericana.
- Irrazabal, M. D., Otero-Agreda, O. E., Nivela-Cornejo, M. A. (2021). Los cambios de la tecnología usada en educación a través del tiempo. *Horizontes Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 5(21), 58-71.
- Kirchner, P. (2018). Formación y mercado laboral: Adaptación de habilidades. *Revista de Educación y Trabajo*, 12(3), 45-60.
- Ledesma, R. D., Ferrando, P. J., Tosi, J. D. (2019). Uso del Análisis Factorial Exploratorio en RIDEP. Recomendaciones para autores y revisores. *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación Psicológica*, 3(52), 173-180.

- Liboni, L. B., Cezarino, L. O., Jabbour, C. J. C., Oliveira, B. G., Stefanelli, N. O. (2019). Smart industry and the pathways to HRM 4.0: Implications for SCM. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24 (1). 124-146. <http://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0150>
- Lloret-Segura, S., Ferreres-Traver, A., Hernández-Baeza, A., TomásMarco, I. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: una guía práctica, revisada y actualizada. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, 30(3), 1151-1169.
- Lohmöller, J. B. (1989). *Latent Variable Path Modeling with Partial Least Squares*. Heidelberg: Physica.
- López, M. (2022). Desarrollo de competencias en el siglo XXI: Creatividad, comunicación y resolución de problemas. *Journal of Contemporary Education*, 29(1), 88-104.
- Lugo, M. T., Ithurburu, V. (2019). Políticas digitales en América Latina. Tecnologías para fortalecer la educación de calidad. *Revista iberoamericana de educación*, 79(1), 11-31.
- Maurizio, R. (2023). Automatización y vulnerabilidad laboral: Implicaciones para los trabajadores de bajos ingresos. *Economía y Desarrollo Humano*, 19(1), 22-38.
- Méndez, C., Rodón, M. A. (2012). Introducción al análisis factorial exploratorio. *Revista colombiana de psiquiatría*, 41(1), 197-207.
- Mikhailov, A. N., Rodin, A. B., Smirnova, M. I. (2018). Humanization of Engineering Education in Conditions of the Process of Industry 4.0 Forming. 2018 4th International Conference on Information Technologies in Engineering Education, INFORINO 2018-Proceedings, 1-4. IEEE. <https://doi.org/10.1109/INFORINO.2018.8581805>
- Moguel, E. A. R. (2005). Metodología de la Investigación. Univ. J. Autónoma de Tabasco.
- Morales, L. (2022). Estrategias empresariales en la Industria 4.0: Aprovechando el talento multidisciplinario. *Journal of Industrial Management*, 18(3), 50-67.
- Motyl, B., Baronio, G., Uberti, S., Speranza, D., Filippi, S. (2017). How will Change the Future Engineers' Skills in the Industry 4.0 Framework? A Questionnaire Survey. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 1501-1509. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.282>
- Paraschiv, D., Țițan, E., Manea, D., Bănescu, C. (2022). The Risk of Automation of Occupations at European Level. In Pamfilie, V. Dinu, C. Vasiliu, D. Pleșea, L. Tăchiciu eds. 2022. 8th BASIQ International Conference on New Trends in Sustainable Business and Consumption. Graz, Austria, May 2022. Bucharest: ASE, pp. 490-497. <https://doi.org/10.24818/BASIQ/2022/08/065>
- Pascual, J. (2019). Transformación digital y productividad: Nuevas estrategias para la competitividad. *Economía y Empresa*, 27(2), 112-130.
- Pastrana-Muñoz, J. C., Díaz, A. M., Lafont, C. P. R. (2022). Incorporación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en espacios educativos formales bajo un enfoque de inclusión social. *Panorama*, 16(30), 14.
- Pérez, E. R., Medrano, L. A. (2010). Análisis factorial exploratorio: bases conceptuales y metodológicas. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento (RACC)*, 2(1), 58-66.
- Piccarozzi, M., Aquilani, B., Gatti, C. (2018). Industry 4.0 in management studies: A systematic literature review. *Sustainability (Switzerland)*, 10(10), 1-24. <https://doi.org/10.3390/su10103821>

- Pouliakas, K. (2018). Automation risk in the EU labour market: a skill-needs approach. European Centre for the Development of Vocational Training *CEDEFOP, Thessaloniki*. University of Aberdeen Business School and IZA.
- Ramayah, T., Yeap, J. A., Ahmad, N. H., Halim, H. A., Rahman, S. A. (2017). Testing a confirmatory model of Facebook usage in SmartPLS using consistent PLS. *International Journal of Business and Innovation*, 3(2), 1-14.
- Ringle, C.M., Wende, S., Becker, J.M. (2015) SmartPLS. SmartPLS GmbH, Boenningstedt. <http://www.smartpls.com>
- Rodríguez G. C., Padilla F. G., Valenzuela O. M. (2019). Análisis factorial exploratorio para las percepciones estudiantiles en torno a la evaluación académica. *Páginas de Educación*, 12(1), 150163.
- Rose, J., Lukic, V., Milon, T., Cappuzzo, A. (2016). Sprinting to value in Industry 4.0. *BCG Perspectives*. <https://www.bcg.com/publications/2016/leanmanufacturing-technology-digital-sprinting-to-value-industry-40>
- Sánchez, F. (2019). Desempleo tecnológico: Realidad y perspectivas. *Informe sobre el Futuro del Trabajo*, 11(3), 78-94.
- Sánchez, F. (2021). El impacto de la digitalización y la robotización en el empleo: Ganadores y perdedores. *Revista de Economía Digital*, 23(4), 45-60.
- Santiago-Sáez A., García-Martín A. F, Olivares-Pardo E, Liano-Riera M, Labajo-González E., Perea-Pérez B. (2021). Balance del asesoramiento médico legal hospitalario mediante análisis factorial exploratorio. *Rev Esp Med Legal*. <https://doi.org/10.1016/j.reml.2020.10.002>
- Santos, B. P., Charrua-Santos, F., Lima, T. M. (2018). Industry 4.0: an overview. *Proceedings of the World Congress on engineering* (Vol. 2, pp. 4-6). IAEN, London, UK.
- Sarstedt, M., Cheah, J. H. (2019). Partial least squares structural equation modeling using: a software review. *Journal of Marketing Analytics*, 7(6), 196-202. <https://doi.org/10.1057/s41270-01900058-3>
- Schwabe, H., Castellacci, F. (2020). Automation, workers' skills and job satisfaction. *Plos one*, 15(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242929>
- Segarra, A., Martínez, R., Torres, P. (2021). Automatización y desarrollo profesional en la Industria 4.0. *Revista de Innovación y Tecnología*, 33(1), 78-95.
- Shelby L.B. (2011) Beyond Cronbach's Alpha: Considering Confirmatory Factor Analysis and Segmentation, *Human Dimensions of Wildlife: An International Journal*, 16(2), 142-148.
- Silva, V. L., Kovaleski, J. L., Pagani, R. N., Corsi, A., Gomes, M. A. S. (2020). Human factor in smart industry: A literature review. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies*, 12(1), 87-111. <https://doi.org/10.24023/FutureJournal/2175-5825/2020.v12i1.473>
- Sintas, J. L., Souto Nieves, G., Van Hemmen, S. F. (2018). Innovación digital y transformación de las organizaciones: implicaciones sociales y laborales. *La revolución digital en España. Impacto y retos sobre el mercado de trabajo y el bienestar*, 47-81.
- Stachová, K., Papula, J., Stacho, Z., Kohnová, L. (2019). External partnerships in emplo-

- ye education and development as the key to facing industry 4.0 challenges. *Sustainability (Switzerland)*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/su11020345>
- Stentoft, J., Wickstrøm, K., Philipsen, K., Haug, A. (2020). Drivers and barriers for Industry 4.0 readiness and practice: empirical evidence from small and medium-sized manufacturers. *Production Planning & Control*, <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1768318>
- Storberg-Walker, J. B. (2004). *Towards a theory of human capital transformation through human resource development*. University of Minnesota.
- Sullivan, G. M., Feinn, R. (2012). Using Effect Size-or why the p Value is not enough. *Journal of Graduate Medical Education*, 4(3), 279- 282.
- Tortorella, G. L., Cawley Vergara, A. Mac, Garza-Reyes, J. A. & Sawhney, R. (2020). Organizational learning paths based upon industry 4.0 adoption: An empirical study with Brazilian manufacturers. *International Journal of Production Economics*, 284-294. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.06.023>
- Ulloa-Duque, G. S., Torres-Mansur, S. M., López-Piñón, D. C. (2020). Industria 4.0 en la educación superior. *Vinculatégica EFAN*, 6(2), 1348-1357.
- Universität Düsseldorf. (2024). G\*Power Statistical Power Analyses. <https://www.psychologie.hhu.de/arbeitsgruppen/allgemeine-psychologie-und-arbeitspsychologie/gpower>
- World Economic Forum. (2022). Strategic Intelligence. [https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb0000001RIhBEAW/keys-issues/a1Gb00000027vYXEAY?utm\\_source=sfmc&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=2773127\\_Si-WeeklyNewsletterV5-Live-10-01-2022&utm\\_term=](https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb0000001RIhBEAW/keys-issues/a1Gb00000027vYXEAY?utm_source=sfmc&utm_medium=email&utm_campaign=2773127_Si-WeeklyNewsletterV5-Live-10-01-2022&utm_term=)
- World Economic Forum. (2023). Global Human Capital Report 2023. <https://www.weforum.org/agenda/2023/05/growth-summit-2023-developing-human-capital-deep-dive/>
- World Economic Forum. (2023). The Future of Jobs Report 2023. <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2023/>